



دانشگاه تهران



دانشکده فنی

۱۶۹۶۰

تحلیل پایداری شیروانی ساختگاه کارخانه کانه آرای

معدن مس سونگون

۱۳۸۱ / ۲ / ۲۰

ارز اطلاعات و آمار تهران
موسسه تخصصی سونگون

نگارش : علی اکبر قشمی پور

اساتید راهنما : دکتر مهدی موسوی

دکتر پرویز معارف وند

استاد مشاور : مهندس فرزانه رفیعا

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در

گرایش مکانیک سنگ

بهمن ۱۳۸۰

۳۹۷۲۲

این لحظه و همیشه

به یاد پدر و مادر

عزیزترین موجودات حیاتم

تقدیم به

- پدر بزرگوارم
- مادر مهربانم
- برادران و خواهران عزیزم

۳۹۷۲۲

سپاسگزاری :

سپاس و ستایش خداوند متعال را که طاعتش موجب نزدیکی است و شکر نعمتهایش باعث فزونی نعمت . هیچ کاری بی نام او آغاز نگردد و هیچ تلاشی بی اراده او به سرانجام نرسد .

نگارنده از تمام محققین و نویسندگانی که مقالات ، یافته ها و گزارشهای آنها الهام بخش این مجموعه بوده و آزادانه در این نوشتار مورد استفاده واقع شده ، تشکر می نماید .

از آقایان دکتر مهدی موسوی و دکتر پرویز معارف وند ، اساتید راهنمای پایان نامه ، به خاطر راهنماییهای ارزشمند ایشان در امر گردآوری مطالب ، استفاده از نرم افزارها و همچنین مرور مطالب تشکر می نماید . همچنین لازم است از آقای دکتر محمد فاروق حسینی به خاطر راهنماییهای ایشان تشکر شود.

از آقای مهندس فرزانه رفیعا ، استاد مشاور پایان نامه ، که در تمام مراحل با نگارنده همراه بوده اند به خاطر راهنماییهای ارزنده در امر گردآوری ، تهیه ، تنظیم و همچنین مرور مطالب صمیمانه سپاسگزاری می نماید.

از مدیران و کارشناسان محترم شرکت خدمات مهندسی مکانیک خاک ، آقای دکتر لیتکوهی ، آقای مهندس امینی و آقای مهندس صمدزاده که امکان حضور در سایت را فراهم نموده ، در امر گردآوری اطلاعات اولیه نگارنده را یاری کرده اند ، تشکر می نماید. همچنین از سرپرست و معاونت محترم مجتمع معدنی مس سونگون آقای مهندس حیدری و آقای مهندس شاکری تشکر می نماید.

از کارشناسان و پرسنل محترم شرکت مهندسی مشاور کاوشگران ، آقای مهندس فرامرز نساج و خانم نادیا احمدپناهی که در تهیه این مجموعه نگارنده را یاری کرده اند تشکر می نماید.

از آقای مهندس اباسد صفری به پاس کمکهای بیدریغ ایشان در جهت تنظیم و ارائه مطالب متشکرم . از کلیه دوستان عزیز که در تهیه ، تنظیم ، تایپ و ارائه مطالب زحماتی را متحمل شده اند ، سپاسگزاری نموده ، برای آنان آرزوی سربلندی و موفقیت دارم .

علی اکبر قشمی پور

بهمن ۱۳۸۰

چکیده:

ساختمان کارخانه کانه آرایبی معدن مس سونگون، پله ای است تسطیح شده در افق ۱۶۷۰ متر که دیواره شیبدار مشرف به آن با ارتفاع حدود ۱۴۰ متر، دارای ۱۱ پله و شیب کلی ۴۰ درجه است. با توجه به اهمیت کارخانه کانه آرایبی و لزوم مطالعات دقیق ژئوتکنیکی در این ساختمان، پایداری دیواره شیبدار مشرف به آن مورد بررسی قرار گرفته است.

در این پژوهش سعی شده تا با تکیه بر مطالعات زمین شناسی مهندسی و نتایج حاصل از آزمایشهای ژئوتکنیکی و تلفیق آنها با تنوریههای پایداری شیب، میزان ناپایداری این شیروانی سنگی و گسیختگیهای احتمالی در آن با استفاده از نرم افزارهای موجود، برآورد و روشهای بهسازی و تقویت آن مورد مطالعه قرار گیرد. در این نوشتار به برداشتهای صحرایی، تجزیه و تحلیلهای آماری، طبقه بندی مهندسی سنگ و تحلیل پایداری با استفاده از روشهای تعادل حدی و روشهای عددی پرداخته شده است.

وجود گسله ها و ناپیوستگیهای متعدد از جمله دو دسته درزه به همراه لایه بندی با فاصله داری نزدیک تا متوسط و طبقه بندی مهندسی سنگ، که توده سنگ در این ساختمان را در ردیف سنگ ضعیف تا خیلی ضعیف قرار می دهد، نشانگر خردشدگی کلی منطقه و احتمال ناپایداری در این شیروانی است. برداشتهای صحرایی وجود یک توده میلونیتی با شیب نامناسب در زیر ساختمان را نشان می دهند که تاثیر منفی بر پایداری آن خواهد داشت. در تحلیل CLARA، کل دامنه شیبدار به دو بخش کلی تقسیم شده است. بخش اول، شیروانی مشرف به افق ۱۶۷۰ و بخش دوم، خاکریز واقع در زیر این افق است. در هر دو حالت آنالیزهای استاتیکی (شتاب افقی زلزله صفر) و شبه استاتیکی (شتاب افقی زلزله طرح)، شیروانی از خود ناپایداری و لغزش نشان می دهد. در بخش دوم نیز تحلیل و بررسیهای انجام شده نشان می دهند که در حالت استاتیکی و شبه استاتیکی پایداری با ضریب اطمینان کافی تامین نخواهد شد.

در تحلیل UDEC، کل دامنه شیبدار، بطور یکجا در دو مقطع مدل شده است. در هر دو این مقاطع، لایه های آهکی واقع بر روی توده میلونیت، جابجایی زیادی نشان می دهند، که دلالت بر ضعف سطوح همبندی بین میلونیت و آهک دارد. از طرفی تحلیلهای انجام شده در این مقاطع نشان می دهند، که کل دامنه شیبدار در حال حرکت بطئی یا خزش بوده، که به دلیل خردشدگی کلی منطقه است.

نتیجه این تحلیلها، ناپایداری و لغزش این شیروانی در حالات استاتیکی و شبه استاتیکی است. همچنین در این گزارش روشهای تقویت و بهسازی شیب مورد بررسی قرار گرفته اند. این بررسیها نشان می دهد که روشهای معمول و متعارف بهسازی یا جلوگیری از حرکت، به دلیل ویژگیها و عمق لغزش بطور اقتصادی موثر نخواهد بود. با توجه به بررسیهای بعمل آمده و نظر به امکان استفاده از گزینه های دیگر جهت احداث ساختمان کارخانه، توصیه می شود کارخانه در محل امن دیگری نصب گردد.

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱	فصل اول : مقدمه
۲	فصل دوم : کلیات زمین شناسی منطقه
۲	۱-۲- موقعیت منطقه
۲	۲-۲- زمین شناسی ناحیه
۴	۳-۲- زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک
۴	۱-۳-۲- مقدمه ای بر تکتونیک منطقه
۴	۲-۳-۲- گسلش
۶	۳-۳-۲- سیستم گسل رانده
۷	۴-۳-۲- تحلیل آماری سیستم شکستگیهای گسترده طرح
۱۴	۵-۳-۲- سیستم چین خوردگیها
۱۴	۶-۳-۲- سیستم درزه ها
۱۵	۷-۳-۲- تحلیل ساختاری ناحیه
۱۶	فصل سوم : مطالعات زمین شناسی مهندسی طرح
۱۶	۱-۳- برداشتهای صحرایی در شیروانی مشرف به ساختمان کارخانه
۲۴	۲-۳- تحلیلهای آماری با نرم افزار Dips
۲۵	۱-۲-۳- تحلیل با نرم افزار Dips در بلوک I
۲۵	۱-۲-۳- تحلیل با نرم افزار Dips در بلوک II
۳۴	۱-۲-۳- تحلیل با نرم افزار Dips در بلوک III
۳۴	۱-۲-۳- تحلیل با نرم افزار Dips در بلوک IV
۴۲	۱-۲-۳- نتیجه تحلیل با نرم افزار Dips

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۴۳	۳-۳- تحلیل‌های آماری انجام شده با نرم افزار SPSS
۴۳	۳-۳-۱- مقدمه ای بر تحلیل آماری
۴۶	۳-۳-۲- تحلیل آماری ناپیوستگیها در بلوک I
۴۸	۳-۳-۱-۲- تحلیل لایه بندیها در بلوک I
۴۹	۳-۳-۲-۲- تحلیل دسته درزه ۱ در بلوک I
۴۹	۳-۳-۲-۲- تحلیل دسته درزه ۲ در بلوک I
۵۱	۳-۳-۳- تحلیل آماری ناپیوستگیها در بلوک II
۵۲	۳-۳-۱-۳- تحلیل لایه بندیها در بلوک II
۵۲	۳-۳-۲-۳- تحلیل دسته درزه ۱ در بلوک II
۵۳	۳-۳-۲-۳- تحلیل دسته درزه ۲ در بلوک II
۵۳	۳-۳-۴- تحلیل آماری ناپیوستگیها در بلوک III
۵۵	۳-۳-۱-۴- تحلیل لایه بندیها در بلوک III
۵۶	۳-۳-۲-۴- تحلیل دسته درزه ۱ در بلوک III
۵۶	۳-۳-۲-۴- تحلیل دسته درزه ۲ در بلوک III
۵۸	۳-۳-۵- تحلیل آماری ناپیوستگیها در بلوک IV
۶۰	۳-۳-۱-۵- تحلیل لایه بندیها در بلوک IV
۶۱	۳-۳-۲-۵- تحلیل دسته درزه ۱ در بلوک IV
۶۱	۳-۳-۲-۵- تحلیل دسته درزه ۲ در بلوک IV
۶۱	۳-۳-۶- تحلیل میان لایه ها در شیروانی ساختگاه کارخانه
۶۲	۳-۳-۷- جمع بندی تحلیل آماری داده ها
۶۷	۳-۴- طبقه بندی توده سنگها از دیدگاه مهندسی
۶۹	۳-۴-۱- بررسی طبقه بندی مهندسی سنگ در بلوک I
۶۹	۳-۴-۱-۱- شاخص کیفی سنگ (RQD) در بلوک I
۷۰	۳-۴-۱-۲- امتیاز ژئومکانیکی توده سنگ در بلوک I

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۷۱	۲-۴-۳- بررسی طبقه بندی مهندسی سنگ در بلوک II
۷۱	۱-۲-۴-۳- شاخص کیفی سنگ (RQD) در بلوک II
۷۱	۲-۲-۴-۳- امتیاز ژئومکانیکی توده سنگ در بلوک II
۷۲	۳-۴-۳- بررسی طبقه بندی مهندسی سنگ در بلوک III
۷۲	۱-۳-۴-۳- شاخص کیفی سنگ (RQD) در بلوک III
۷۲	۲-۳-۴-۳- امتیاز ژئومکانیکی توده سنگ در بلوک III
۷۳	۴-۴-۳- بررسی طبقه بندی مهندسی سنگ در بلوک IV
۷۳	۱-۴-۴-۳- شاخص کیفی سنگ (RQD) در بلوک IV
۷۳	۲-۴-۴-۳- امتیاز ژئومکانیکی توده سنگ در بلوک IV
۷۴	فصل چهارم : تحلیل پایداری شیب
۷۴	۱-۴- آنالیز گوه ها
۸۰	۲-۴- آنالیز پایداری کلی دامنه شیبدار با نرم افزار CLARA
۸۰	۱-۲-۴- مقدمه
۸۲	۲-۲-۴- روش آنالیز قطعه ای
۸۲	۱-۲-۲-۴- روش های مبتنی بر تعادل گشتاور کلی
۸۲	۲-۲-۲-۴- روش های مبتنی بر تعادل نیروها
۸۲	۳-۲-۲-۴- روشهای مبتنی بر تعادل گشتاور - نیرو
۸۳	۴-۲-۲-۴- روش ساده بیشاپ
۸۳	۵-۲-۲-۴- روش ساده جانبو
۸۴	۳-۲-۴- طراحی یک مدل با برنامه CLARA
۸۴	۴-۲-۴- توصیف مدل و انتخاب مقاطع
۸۵	۵-۲-۴- انتخاب مدل رفتاری توده سنگ
۸۵	۱-۵-۲-۴- مدل های رفتاری برنامه CLARA
۸۶	۲-۵-۲-۴- مدل رفتاری لایه های آهک

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۸۷	۴-۲-۵-۳- مدل رفتاری توده میلونیت
۸۷	۴-۲-۵-۴- مدل رفتاری توده های مونزونیت
۸۷	۴-۲-۵-۵- مدل رفتاری توده خاکریز
۸۸	۴-۲-۶- تحلیل مدلها
۸۸	۴-۲-۶-۱- تحلیل مدل سه بعدی با در نظر گرفتن شرایط پیرومتریک
۸۸	۴-۲-۶-۲- تحلیل مدل سه بعدی زهکشی شده
۹۸	۴-۲-۶-۳- تحلیل مقطع (۱) از بخش خاکریز
۹۸	۴-۲-۶-۴- تحلیل مقطع (۲) از بخش خاکریز
۹۸	۴-۲-۶-۵- تحلیل مقطع (۶) از بخش خاکریز
۱۰۸	۴-۲-۷- نتیجه تحلیل با برنامه CLARA
۱۰۸	۴-۲-۷-۱- نتیجه تحلیل شیروانی بالای تراز ۱۶۷۰
۱۰۹	۴-۲-۷-۲- نتیجه تحلیل شیروانی خاکریز
۱۱۱	۴-۳- تحلیل پایداری دامنه شیبدار با نرم افزار UDEC
۱۱۱	۴-۳-۱- مقدمه
۱۱۲	۴-۳-۲- ساختار برنامه UDEC
۱۱۲	۴-۳-۲-۱- خصوصیات کلی برنامه
۱۱۴	۴-۳-۲-۲- فرمولاسیون عددی (Numerical Formulation)
۱۱۵	۴-۳-۲-۳- معادلات حرکت
۱۱۷	۴-۳-۳- توصیف مدلها و انتخاب مقاطع
۱۱۸	۴-۳-۳-۱- توصیف مقطع (۱)
۱۲۰	۴-۳-۳-۲- توصیف مقطع (۲)
۱۲۱	۴-۳-۴- مدلهای رفتاری ماده سنگ
۱۲۱	۴-۳-۴-۱- مدلهای رفتاری برنامه UDEC
۱۲۲	۴-۳-۴-۲- مدلهای رفتاری و خواص مواد در مقاطع (۱) و (۲)
۱۲۳	۴-۳-۵- مدلهای رفتاری نایبوستگیها

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۲۳	۱-۵-۳-۴- مدلهای رفتاری برنامه UDEC
۱۲۴	۲-۵-۳-۴- مدلهای رفتاری و خواص ناپیوستگیها در مقاطع (۱) و (۲)
۱۲۵	۶-۳-۴- مدل محیط پر درزه
۱۲۷	۷-۳-۴- تحلیل مدلها
۱۲۷	۱-۷-۳-۴- تحلیل مقطع (۱)
۱۳۲	۱-۱-۷-۳-۴- تحلیل مقطع (۱) در شرایط زهکشی شده و $a_x = 0$
۱۳۶	۲-۱-۷-۳-۴- تحلیل مقطع (۱) در شرایط زهکشی شده و $a_x = 1.96 \text{ (m/s}^2\text{)}$
۱۳۹	۳-۱-۷-۳-۴- تحلیل مقطع (۱) در شرایط زهکشی نشده و $a_x = 0$
۱۴۲	۴-۱-۷-۳-۴- تحلیل مقطع (۱) در شرایط زهکشی نشده و $a_x = 1.96 \text{ (m/s}^2\text{)}$
۱۴۶	۲-۷-۳-۴- تحلیل مقطع (۲)
۱۵۱	۱-۲-۷-۳-۴- تحلیل مقطع (۲) در شرایط زهکشی شده و $a_x = 0$
۱۵۵	۲-۲-۷-۳-۴- تحلیل مقطع (۲) در شرایط زهکشی شده و $a_x = 1.96 \text{ (m/s}^2\text{)}$
۱۵۸	۳-۲-۷-۳-۴- تحلیل مقطع (۲) در شرایط زهکشی نشده و $a_x = 0$
۱۶۱	۴-۲-۷-۳-۴- تحلیل مقطع (۲) در شرایط زهکشی نشده و $a_x = 1.96 \text{ (m/s}^2\text{)}$
۱۶۵	۸-۳-۴- نتیجه تحلیل با برنامه UDEC
۱۶۵	۱-۸-۳-۴- نتیجه تحلیل مقطع (۱)
۱۶۶	۲-۸-۳-۴- نتیجه تحلیل مقطع (۲)
۱۶۸	فصل پنجم : نتیجه گیری
۱۷۱	منابع

پیوستها

- پیوست (۱): لاگ گمانه های حفر شده در شیروانی ساختمان کارخانه
 پیوست (۲): هیستوگرام هلی مشخصات ناپیوستگیها در بلوکهای شیروانی ساختمان کارخانه
 پیوست (۳): تصویر گود های ایجاد شده در بلوکهای شیروانی ساختمان کارخانه
 پیوست (۴): شکلهای مربوط به تحلیل پایداری با نرم افزار UDEC

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۸	جدول (۱-۲): مشخصات گسله‌های برداشت شده در شیروانی مشرف به ساختگاه کارخانه
۱۷	جدول (۱-۳): مشخصات گمانه‌های حفر شده در شیروانی مشرف به ساختگاه کارخانه
۴۲	جدول (۲-۳): شیب و جهت شیب ناپیوستگیها در بلوکهای چهارگانه شیروانی مشرف به ساختگاه کارخانه
۴۴	جدول (۳-۳): تعداد ناپیوستگیهای برداشت شده در بلوکهای شیروانی مشرف به ساختگاه کارخانه
۴۵	جدول (۴-۳): کدهای مربوط به نوع گسترش ناپیوستگیها
۴۵	جدول (۵-۳): کدهای مربوط به نوع پرکننده ناپیوستگیها
۴۶	جدول (۶-۳): کدهای مربوط به استحکام پرکننده ناپیوستگیها
۴۶	جدول (۷-۳): زبری رویه ناپیوستگیها و کدهای مربوطه
۴۷	جدول (۸-۳): فاصله داری و زبری رویه کلیه ناپیوستگیها در بلوک I
۴۸	جدول (۹-۳): مقادیر فاصله داری و زبری لایه بندیها در بلوک I
۵۰	جدول (۱۰-۳): نتیجه تحلیل دسته درزه ۱ در بلوک I
۵۰	جدول (۱۱-۳): نتیجه تحلیل دسته درزه ۲ در بلوک I
۵۱	جدول (۱۲-۳): فاصله داری و زبری رویه کلیه ناپیوستگیها در بلوک II
۵۲	جدول (۱۳-۳): مقادیر فاصله داری و زبری لایه بندیها در بلوک II
۵۴	جدول (۱۴-۳): نتیجه تحلیل دسته درزه ۱ در بلوک II
۵۴	جدول (۱۵-۳): نتیجه تحلیل دسته درزه ۲ در بلوک II
۵۵	جدول (۱۶-۳): فاصله داری و زبری رویه کلیه ناپیوستگیها در بلوک III
۵۵	جدول (۱۷-۳): مقادیر فاصله داری و زبری لایه بندیها در بلوک III
۵۷	جدول (۱۸-۳): نتیجه تحلیل دسته درزه ۱ در بلوک III
۵۷	جدول (۱۹-۳): نتیجه تحلیل دسته درزه ۲ در بلوک III

فهرست جداول

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۵۸	جدول (۳-۲۰): فراوانی ناپیوستگیهای برداشت شده در بلوک IV
۵۹	جدول (۳-۲۱): فاصله داری و زبری رویه کلیه ناپیوستگیها در بلوک IV
۶۰	جدول (۳-۲۲): مقادیر فاصله داری و زبری لایه بندیها در بلوک IV
۶۲	جدول (۳-۲۳): نتیجه تحلیل دسته درزه ۱ در بلوک IV
۶۲	جدول (۳-۲۴): نتیجه تحلیل دسته درزه ۲ در بلوک IV
۶۳	جدول (۳-۲۵): تحلیل آماری بر روی مشخصات میان لایه ها
۶۵	جدول (۳-۲۶): جمع بندی تحلیل آماری مشخصات ناپیوستگیها در بلوک I
۶۵	جدول (۳-۲۷): جمع بندی تحلیل آماری مشخصات ناپیوستگیها در بلوک II
۶۶	جدول (۳-۲۸): جمع بندی تحلیل آماری مشخصات ناپیوستگیها در بلوک III
۶۶	جدول (۳-۲۹): جمع بندی تحلیل آماری مشخصات ناپیوستگیها در بلوک IV
۷۴	جدول (۴-۱): نتایج تحلیل گوه ها در گزینه اول ساختگاه کارخانه
۷۵	جدول (۴-۲): مشخصات گسلهای گزینه اول ساختگاه کارخانه
۷۷	جدول (۴-۳): گوه های دارای پتانسیل لغزش در گزینه اول ساختگاه کارخانه (SF<1.3)
۷۸	جدول (۴-۴): گوه های ایجاد شده در گزینه اول ساختگاه کارخانه (SF>1.3)
۷۹	جدول (۴-۵): مشخصات تعدادی از صفحات ناپیوستگی که باعث ایجاد گوه نگردیده اند
۹۲	جدول (۴-۶): مقادیر ضریب ایمنی در شرایط زهکشی نشده ، برای مدل سه بعدی بخش اول (شیروانی مشرف به افق ۱۶۷۰ m)
۹۷	جدول (۴-۷): مقادیر ضریب ایمنی در شرایط زهکشی شده ، برای مدل سه بعدی بخش اول (شیروانی مشرف به افق ۱۶۷۰ m)
۱۰۰	جدول (۴-۸): مقادیر ضریب ایمنی برای مقطع (۱) بخش دوم (خاکریز واقع در زیر افق ۱۶۷۰ m)

VIII

فهرست جداول

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۰۳	جدول (۹-۴) : مقادیر ضریب ایمنی برای مقطع (۲) بخش دوم (خاکریز واقع در زیر افق ۱۶۷۰ m)
۱۰۶	جدول (۱۰-۴) : مقادیر ضریب ایمنی برای مقطع (۶) بخش دوم (خاکریز واقع در زیر افق ۱۶۷۰ m)
۱۰۹	جدول (۱۱-۴) : نتایج تحلیل پایداری در بخش اول (شیروانی مشرف به تراز ۱۶۷۰ m)
۱۱۰	جدول (۱۲-۴) : نتایج تحلیل پایداری در بخش دوم (شیروانی بخش خاکریز)
۱۱۸	جدول (۱۳-۴) : شیب و جهت شیب واقعی و شیب ظاهری ناپیوستگیها در مقطع (۱)
۱۲۰	جدول (۱۴-۴) : شیب و جهت شیب واقعی و شیب ظاهری ناپیوستگیها در مقطع (۲)
۱۲۱	جدول (۱۵-۴) : مدل‌های رفتاری بلوک‌های تغییرشکل پذیر
۱۲۲	جدول (۱۶-۴) : مشخصات فیزیکی و مکانیکی مصالح (بلوکها)
۱۲۳	جدول (۱۷-۴) : مدل‌های رفتاری درزه ها
۱۲۵	جدول (۱۸-۴) : مشخصات مکانیکی درزه ها
۱۲۶	جدول (۱۹-۴) : پارامترهای مدل محیط پر درزه برای مقاطع (۱) و (۲)

فهرست تصاویر

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۸	تصویر (۱-۳): نمای کلی شیروانی مشرف به ساختمان کارخانه
۱۹	تصویر (۲-۳): پله های بلوک I مربوط به گزینه اول ساختمان کارخانه
۱۹	تصویر (۳-۳): نمای پله ها در قسمت مرکزی (بلوک II) مربوط به گزینه اول ساختمان کارخانه
۲۱	تصویر (۴-۳): خانواده گسلهای تقریبا قائم در دیواره مشرف به افق ۱۶۷۰
۲۱	تصویر (۵-۳): گسل و چین خوردگی آهکها روی پله ۱۷۲۰
۲۲	تصویر (۶-۳): ترک خوردگی مربوط به خاکریز افق ۱۶۷۰ در گزینه اول ساختمان کارخانه
۲۳	تصویر (۷-۳): لغزش مشرف به افق ۱۶۷۰ مربوط به گزینه اول ساختمان کارخانه

فهرست شکلها

صفحه

عنوان

۱۳	شکل (۱-۲): تمرکز شیب و جهت شیب و صفحات اصلی گسلها در شیروانی ساختگاه کارخانه
۲۶	شکل (۸-۳): تمرکز شیب و جهت شیب لایه بندی در بلوک I
۲۷	شکل (۹-۳): صفحه مربوط به لایه بندیها در بلوک I
۲۸	شکل (۱۰-۳): تمرکز شیب و جهت شیب درزه ها در بلوک I
۲۹	شکل (۱۱-۳): صفحه مربوط به دسته درزه ها در بلوک I
۳۰	شکل (۱۲-۳): تمرکز شیب و جهت شیب لایه بندی در بلوک II
۳۱	شکل (۱۳-۳): صفحه مربوط به لایه بندیها در بلوک II
۳۲	شکل (۱۴-۳): تمرکز شیب و جهت شیب درزه ها در بلوک II
۳۳	شکل (۱۵-۳): صفحه مربوط به دسته درزه ها در بلوک II
۳۵	شکل (۱۶-۳): تمرکز شیب و جهت شیب لایه بندیها در بلوک III
۳۶	شکل (۱۷-۳): صفحه مربوط به لایه بندیها در بلوک III
۳۷	شکل (۱۸-۳): تمرکز شیب و جهت شیب درزه ها در بلوک III
۳۸	شکل (۱۹-۳): صفحه مربوط به دسته درزه ها در بلوک III
۳۹	شکل (۲۰-۳): تمرکز شیب و جهت شیب لایه بندیها در بلوک IV
۴۰	شکل (۲۱-۳): تمرکز شیب و جهت شیب درزه ها در بلوک IV
۴۱	شکل (۲۲-۳): صفحات اصلی شامل لایه بندی و دسته درزه ها در بلوک III
۵۹	شکل (۲۳-۳): هیستوگرام فراوانی ناپیوستگیهای برداشت شده در بلوک IV
۸۹	شکل (۱-۴): شمای مدل سه بعدی بخش اول
۹۰	شکل (۲-۴): سطح لغزش ایجاد شده در بخش اول
۹۱	شکل (۳-۴): شمای مدل سه بعدی به همراه سطح لغزش ایجاد شده در بخش اول
۹۳	شکل (۴-۴): نمودار ضریب ایمنی (روش بیشاپ) برحسب شتاب افقی زلزله برای مدل سه بعدی بخش اول
۹۴	شکل (۵-۴): نمودار ضریب ایمنی (روش جانپو) برحسب شتاب افقی زلزله برای مدل سه بعدی بخش اول

فهرست شکلها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۹۶	شکل (۴-۶) : نمودار ضریب ایمنی (روش بیشاپ) برحسب شتاب افقی زلزله برای مدل سه بعدی زهکشی شده بخش اول
۹۷	شکل (۴-۷) : نمودار ضریب ایمنی (روش جانبو) برحسب شتاب افقی زلزله برای مدل سه بعدی زهکشی شده بخش اول
۹۹	شکل (۴-۸) : شمای مدل دو بعدی به همراه سطح لغزش ایجاد شده در مقطع (۱) از بخش دوم
۱۰۱	شکل (۴-۹) : نمودار ضریب ایمنی (روش بیشاپ) برحسب شتاب افقی زلزله برای مقطع (۱) از بخش دوم
۱۰۲	شکل (۴-۱۰) : شمای مدل دو بعدی به همراه سطح لغزش ایجاد شده در مقطع (۲) از بخش دوم
۱۰۴	شکل (۴-۱۱) : نمودار ضریب ایمنی (روش بیشاپ) برحسب شتاب افقی زلزله برای مقطع (۲) از بخش دوم
۱۰۵	شکل (۴-۱۲) : شمای مدل دو بعدی به همراه سطح لغزش ایجاد شده در مقطع (۶) از بخش دوم
۱۰۷	شکل (۴-۱۳) : نمودار ضریب ایمنی (روش بیشاپ) برحسب شتاب افقی زلزله برای مقطع (۶) از بخش دوم
۱۲۴	شکل (۴-۱۴) : مدل اصلی رفتار درزه در UDEC
۱۲۸	شکل (۴-۱۵) : مدل اولیه شیروانی در مقطع (۱)
۱۲۹	شکل (۴-۱۶) : مدل شیروانی در مقطع (۱) ، پس از عملیات حفاری پله ها
۱۳۰	شکل (۴-۱۷) : شیروانی مشرف به افق ۱۶۷۰ در مقطع (۱) ، پس از حفاری پله ها
۱۳۱	شکل (۴-۱۸) : ساختار زمین شناسی و مصالح تشکیل دهنده شیروانی در مقطع (۱)
۱۳۳	شکل (۴-۱۹) : نمودار نیروهای نامتعادل برحسب زمان برای حالت اول (زهکشی شده و $a_x = 0$) در مقطع (۱)
۱۳۴	شکل (۴-۲۰) : نمودار جابجایی افقی پاشنه پله های مشرف به تراز ۱۶۷۰ برای حالت اول در مقطع (۱)
۱۳۵	شکل (۴-۲۱) : کنتورهای هم تراز جابجایی افقی ، برای حالت اول در مقطع (۱)